



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2473>

Ciencias de la Salud
Artículo de revisión

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

Evaluation of imaging techniques of osteoarthritis in the development of more sensitive methods

Avaliação de técnicas de imagem de osteoartrite no desenvolvimento de métodos mais sensíveis

Katherine Alexandra Carranza-Delgado^I
dra.katherine.carranza@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0182-1727>

Xavier Alejandro Layana-López^{II}
x.a.layana@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0967-6416>

Jonathan Gabriel Ordoñez-Astudillo^{III}
jonathan_ordonez_@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0209-6240>

Priscila Paola Ronquillo-Bustamante^{IV}
prisci-1990@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9530-1399>

Correspondencia: dra.katherine.carranza@hotmail.com

***Recibido:** 27 de octubre de 2021 ***Aceptado:** 15 de noviembre de 2021 * **Publicado:** 30 de diciembre de 2021

- I. Master Universitario en Prevención de Riesgos Laborales, Médico, Investigador Independiente.
- II. Médico, Investigador Independiente.
- III. Magister en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo, Médico, Investigador Independiente.
- IV. Médico, Investigador Independiente.

Resumen

Uno de los principales desafíos de las técnicas de imagen en la evaluación de la osteoartritis es el desarrollo de métodos más sensibles. Esta revisión se enfoca en los principales métodos empleados en la valoración del daño estructural de los pacientes con osteoartritis. La radiografía convencional es el método más conocido y asequible, pero no evalúa tejidos no calcificados. La imagen por resonancia magnética permite visualizar los tejidos blandos articulares y extraarticulares, incluyendo las características morfológicas y bioquímicas del cartílago, con la desventaja del elevado costo y su menor disponibilidad. El ultrasonido ha adquirido mayor auge por ser un método sencillo, económico y preciso para evaluar estructuras articulares y extraarticulares, aunque con limitada ventana acústica e incapacidad para evaluar el espacio articular.

Palabras clave: Imagen; Osteoartritis; Radiografía; Resonancia magnética; Ultrasonido.

Abstract

One of the main challenges of imaging techniques in the evaluation of osteoarthritis is the development of more sensitive methods. This review focuses on the main methods used in the assessment of structural damage in patients with osteoarthritis. Conventional radiography is the best known and most affordable method, but it does not evaluate non-calcified tissues. Magnetic resonance imaging allows the visualization of the joint and extra-articular soft tissues, including the morphological and biochemical characteristics of the cartilage, with the disadvantage of high cost and lower availability. Ultrasound has become more popular as it is a simple, inexpensive, and accurate method for evaluating joint and extra-articular structures, although with a limited acoustic window and an inability to evaluate joint space.

Keywords: Imaging; Osteoarthritis; Radiography; Magnetic resonance; Ultrasound.

Resumo

Um dos principais desafios das técnicas de imagem na avaliação da osteoartrite é o desenvolvimento de métodos mais sensíveis. Esta revisão enfoca os principais métodos utilizados na avaliação de danos estruturais em pacientes com osteoartrite. A radiografia convencional é o método mais conhecido e acessível, mas não avalia tecidos não calcificados. A ressonância magnética permite a visualização dos tecidos moles articulares e extra-articulares, incluindo as características morfológicas e

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

bioquímicas da cartilagem, com a desvantagem do alto custo e menor disponibilidade. O ultrassom se tornou mais popular por ser um método simples, barato e preciso para avaliar estruturas articulares e extra-articulares, embora com uma janela acústica limitada e uma incapacidade de avaliar o espaço articular.

Palavras-chave: Radiografía; osteoartrite; imagem; Ultrassonografia; ressonância magnética.

Introducción

La presente revisión tiene por objetivo examinar los diversos métodos de imagen empleados en la evaluación de la osteoartritis (OA). Los progresos en la terapéutica médica, quirúrgica y de trasplante de cartílago en la OA conllevan la necesidad de desarrollar técnicas de imagen que permitan evaluar el estado del cartílago articular, morfológica y bioquímicamente, así como otras estructuras articulares y periarticulares que participan en el proceso degenerativo.

La radiografía convencional simple permite una evaluación bidimensional de estructuras tridimensionales; es la técnica de imagen inicial en la evaluación de pacientes con sospecha de OA. Tiene las ventajas de ser una técnica económica, ampliamente disponible y de rápida adquisición, que permite evaluar diversas articulaciones en una sola exposición y es el estudio de imagen más ampliamente conocido y solicitado por los reumatólogos. Tiene las desventajas de que somete al paciente a radiación ionizante y no permite visualizar directamente las estructuras articulares no osificadas, además de que hay discordancia clinicoradiológica en la OA.

En la OA se produce una pérdida lenta, gradual, progresiva e inicialmente focal del cartílago. La radiografía convencional evalúa el espacio articular (EA) como medida indirecta y aproximada del grosor del cartílago, sin aportar datos acerca de alteraciones estructurales, lo que limita su capacidad para valorarlo. Por ello deben extremar las precauciones en el diagnóstico de OA basado únicamente en la disminución del espacio articular (DEA). En la tabla 1 se muestran los signos radiográficos característicos de la OA y su correlación anatomopatológica.

Del conjunto de anomalías radiográficas observadas en pacientes con OA, consideran la osteofitosis y la DEA como las más características, ya que son un reflejo del daño estructural acumulado. Existen varios tipos de osteofitos (OF), cuyos mecanismos fisiopatogénico y apariencia radiográfica son diferentes. Los OF marginales y los OF centrales son producto de osificación endocondral. Radiográficamente, los OF marginales se presentan como excrescencias óseas en los

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

márgenes articulares (segmentos de bajo estrés biomecánico), mientras que los OF centrales se presentan como excrescencias óseas en las áreas centrales de la articulación que producen un contorno irregular de ésta. Los OF periósticos (sinoviales) se originan por osificación intramembranosa y su apariencia radiográfica es de engrosamiento cortical intraarticular (producen el signo del reforzamiento o contrafuerte). Los OF capsulares se producen por tracción de la cápsula articular y radiográficamente se muestran como "labiación" del hueso.

Algunos autores proponen que no deben considerar los OF necesariamente como un signo de OA, sino que pueden tener relación con la edad. En contraposición, otros proponen una fuerte relación entre los OF marginales y los defectos cartilagosos, y los consideran incluso el hallazgo radiográfico más sensible para la detección de la OA.

La distancia interósea refleja el grosor del cartílago articular en las radiografías de una articulación que soporta peso. Una DEA leve indica anomalías del cartílago articular en estadios precoces o moderadamente avanzados de la OA. Una DEA marcada se atribuye a pérdida tisular y denudación cartilaginosa y es más típica de estadios avanzados.

Desarrollo

La osteoartrosis (OA) es una enfermedad heterogénea que se caracteriza por la insuficiencia del órgano de la articulación sinovial. La enfermedad se produce cuando el equilibrio dinámico entre los fenómenos de degradación y reparación tisular se altera, a menudo en una situación en la que las cargas mecánicas aplicadas superan el nivel tolerado por los tejidos de las articulaciones. La artrosis se caracteriza por la pérdida progresiva de cartílago articular, la remodelación ósea subcondral, la formación de osteófitos y la inflamación sinovial, acompañado de dolor articular y una discapacidad funcional. Sin embargo, mientras que el fracaso progresivo de la articulación puede causar dolor y discapacidad, muchas personas con cambios estructurales acordes con fenómenos artrósicos están asintomáticos durante mucho tiempo.

La edad es el primer factor de riesgo para la artrosis, y la mayoría de personas mayores de 70 años muestran algún signo artrósico. La causa no es bien conocida, pero se cree que la senescencia celular puede contribuir a la patología. Cuando se comparan personas mayores con y sin OA, se ha observado que los que no tienen signos degenerativos muestran una reducción de IL-1b e IL-6. Esta resistencia al estrés inflamatorio podría ser un protector frente a la OA.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

Otro factor de riesgo evidente es la obesidad, que puede ir acompañada de alteraciones en el patrón de carga, como valgo o varo de rodilla acentuada u otras desalineaciones. Sin embargo, las desalineaciones por sí mismas no explican el proceso artrósico generalizado en una articulación. La obesidad aumenta el riesgo de OA también en las articulaciones que no son de carga. El tejido adiposo es una fuente de factores inflamatorios que se engloban dentro de las adipocinas. Muchas de estas adipocinas que están aumentadas en los obesos y en el síndrome metabólico se ha observado que media la inflamación del tejido sinovial y sobre regulan la síntesis de matriz de cartílago y su degradación. La leptina, por su parte, es una hormona secretada por los adipocitos que funciona como una señal aferente al hipotálamo para regular la masa de tejido adiposo y el peso corporal.

Uno de los principales obstáculos en la progresión clínica hacia la solución de la OA es la ausencia de la comprensión de los mecanismos que inician y desencadenan la progresión de la enfermedad. Mientras que la degradación del cartílago se ha considerado el sello distintivo de la enfermedad, hay que considerar «la articulación como un órgano», concepto que está actualmente reconocido como un principio fundamental. Entre los diversos componentes no cartilagosos de la articulación, el hueso subcondral está implicado, como una pieza clave, en la iniciación y progresión de la OA. Las lesiones de la médula ósea subcondral son una de las señas de identidad de la valoración por resonancia magnética (RM) de la artrosis de rodilla y vienen determinadas por áreas no quísticas mal definidas en la región subcondral con aumento de la intensidad señal en secuencias T2 ponderada, densidad protónica ponderada o fast spin echo. La esclerosis del hueso subcondral contribuye a acelerar la degeneración articular por el aumento de las sollicitaciones mecánicas, al disminuir el efecto amortiguador, sobre el cartílago articular subyacente. Las lesiones de la médula ósea se suelen observar conjuntamente con alteraciones del cartílago articular en la misma región. Los grados más avanzados de lesión del cartílago parecen guardar relación con una mayor prevalencia y un mayor volumen concomitante de las lesiones de la médula ósea.

Diagnóstico por imagen

La historia del diagnóstico por imagen del sistema locomotor se inicia con el descubrimiento de los rayos X, en 1895, por Roentgen. Desde entonces, la radiografía simple se ha convertido en la primera, y a veces única, técnica de imagen utilizada para diagnosticar y realizar el seguimiento de las alteraciones articulares. En traumatología veterinaria, la radiografía simple ha sido la técnica rutinaria durante décadas y se sigue utilizando de forma habitual en la mayoría de las clínicas. En traumatología

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

humana, otras técnicas como la artrografía, gammagrafía, tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM), ecografía (US) y artroscopia, se utilizan diariamente.

Durante las últimas dos décadas, la RM se ha establecido como la modalidad de imagen principal en la evaluación de la patología articular, tanto en el entorno clínico como experimental, pues es capaz de evaluar de forma directa todos los tejidos de la articulación. Esto permite realizar una evaluación de la articulación como un órgano y proporciona una imagen mucho más detallada de los cambios asociados con la artrosis de lo que es posible con otras técnicas de imagen. Se han desarrollado y validados múltiples métodos para evaluar distintas características del cartílago articular mediante RM, incluyendo el análisis composicional y bioquímico (evaluación composicional por RM), la evaluación del espesor y el volumen (evaluación cuantitativa) así como el análisis semicuantitativo del mismo mediante diferentes escalas en diferentes planos (evaluación semicuantitativa). El objetivo de este artículo es proporcionar una visión global sobre los diferentes métodos de evaluación del cartílago articular por RM, así como sobre sus ventajas y limitaciones.

Gammagrafía

La gammagrafía ósea es una técnica de diagnóstico por imagen que se emplea con frecuencia en medicina veterinaria, principalmente en traumatología de grandes animales. Si bien la radiografía convencional es un método excelente para investigar cambios morfológicos en los huesos, las técnicas con radionúclidos proporcionan información sobre la función metabólica del esqueleto. La gammagrafía ósea es una técnica útil para evaluar la totalidad del esqueleto, localizar la causa de cojeras poco claras, o para emplear en caso de hallazgos radiográficos inciertos. La gammagrafía ósea es un método muy sensible que permite la detección precoz de la enfermedad, aunque no es demasiado específico. La radiografía, por otro lado, es menos sensible pero más específica. Asimismo, la resolución espacial que ofrece la gammagrafía no es suficientemente buena para especificar las estructuras anatómicas.

Artrografía

La artrografía apenas se utiliza en traumatología de pequeños animales, pero es una técnica interesante y sencilla, disponible para la mayoría de los veterinarios. Artritis en la rodilla de un perro. Se visualiza la formación periarticular de hueso nuevo, así como la efusión articular. Imagen de Te de las articulaciones de la cadera de un perro con cambios artríticos. Formación de hueso nuevo, esclerosis subcondral y fenómeno de vacío (flechas) presentes en ambas articulaciones. blemente no

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

sea tan exacta como las nuevas técnicas de diagnóstico por imagen (artroscopia, RM y ecografía), proporciona información sobre las estructuras intraarticulares que no pueden observarse en las radiografías. En la articulación del hombro, los artrogramas permiten visualizar de forma preliminar las siguientes estructuras: cartílago articular, ligamentos intraarticulares, extensión de la cápsula articular y contorno de la superficie sinovial.

Radiografía microfocal de alta definición

Pueden realizarse radiografías de aumento incrementando la distancia entre el objeto y la película, pero manteniendo la distancia entre ésta y el tubo de rayos X. Los avances tecnológicos recientes han llevado a desarrollar unidades de rayos X microfocales de alta definición, que permiten el examen macroradiográfico de las articulaciones con aumentos de entre 5 y 10 X con una resolución espacial elevada. Esta técnica permite detectar cambios precoces y sutiles asociados a la OA. La radiografía de aumento también puede combinarse con la artrografía, una técnica llamada macroartrografía, que permite medir el grosor del cartílago y mostrar posibles engrosamientos.

Tomografía computarizada

Ofrece varias ventajas frente a la radiografía simple. Es una técnica de imagen transversal que utiliza rayos X y ordenadores. Las principales ventajas de la TC frente a las técnicas radiográficas convencionales, son una mejor diferenciación de los tejidos blandos y la ausencia de superposición. La TC permite realizar un diagnóstico morfológico más específico y detallado que la radiografía. La TC facilita mucho el examen de estructuras articulares complejas como son el codo y el tarso.

Microtomografía computarizada de alta resolución

Hasta hace poco, la imagen tridimensional de la osteoartritis se había limitado a los estadios finales de la enfermedad. La microtomografía computarizada (micro-TC) es una nueva herramienta de diagnóstico por imagen que permite diagnosticar la enfermedad en estadios precoces y monitorizarla. Proporciona una resolución espacial menor de 100 μ m, pero el tamaño de los objetos que pueden ser escaneados se restringe a unos pocos centímetros. La importancia del micro-TC radica en la excelente visualización del hueso. Su principal aplicación en la OA, por tanto, es el análisis de biopsias de huesos humanos y de todo el hueso en modelos de pequeños animales. Con el micro-TC es posible monitorizar alteraciones óseas prominentes como la formación de osteofitos, el remodelado trabecular, el engrosamiento de la placa ósea subcondral y la esclerosis subcondral.

Ecografía

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen potencialmente útil para el sistema locomotor de perros y gatos. Se emplean transductores lineales, con frecuencias mayores de 75MHz, a causa de la superficie plana de aplicación y su alto poder de resolución. Con esta técnica puede obtenerse la imagen de las articulaciones, especialmente de los tejidos blandos (ligamentos y cápsula) y del cartílago articular. El examen exhaustivo de las articulaciones requiere una notable experiencia en ecografía y un procedimiento de evaluación estandarizado.

La ecografía biomicroscópica (UBM) es una nueva técnica que emplea ultrasonidos de alta frecuencia (20 a 55 MHz o más) en contraposición con los 15 MHz de los sistemas ecográficos convencionales. La resolución espacial de una imagen bidimensional es de hasta 50 mm con una profundidad de penetración de aproximadamente 20 mm. La UBM del cartílago articular refleja la estructura histológica y puede detectar de forma exacta cambios precoces como fibrilación. La UBM tiene potencial para convertirse en una herramienta valiosa para la identificación in vivo de lesiones precoces de OA.

Artroscopia

La artroscopia es una técnica excelente para visualizar estructuras articulares no visibles en la radiografía. El factor de aumento del artroscopio permite la inspección detallada del cartílago articular, la membrana sinovial y los ligamentos y estructuras intraarticulares. La artroscopia permite la toma de muestras para biopsia de las diferentes estructuras, puede detectar lesiones degenerativas antes de que se manifiesten en la radiografía y puede sustituir a la artrotomía exploratoria de las articulaciones con artrosis. Los inconvenientes de la artroscopia son la dificultad de aprendizaje y el relativamente alto coste del equipo.

Resonancia magnética del proceso de degeneración articular

La evaluación por imagen de la OA ha recaído durante muchos años en la radiología convencional, y el estrechamiento del espacio articular continúa siendo el único parámetro de referencia estructural aprobado por la agencia europea del medicamento y la Food and Drug Administration (FDA) estadounidense para la valoración de la eficacia de los distintos fármacos modificadores de la enfermedad. Dadas las múltiples limitaciones de la radiología convencional, no es de extrañar que algunos investigadores le achaquen el fracaso del descubrimiento de fármacos modificadores de la enfermedad.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

La RM permite la visualización de múltiples estructuras involucradas en el proceso degenerativo articular, incluyendo el cartílago articular, los meniscos, el tejido sinovial y las lesiones de la médula ósea, los cuales, en ocasiones, pueden presentar características patológicas en pacientes asintomáticos, careciendo por tanto de relevancia clínica. No obstante, se continúa utilizando la RM para la evaluación estructural articular en estudios de OA clínicos y epidemiológicos. La evaluación por imagen de la OA se puede clasificar, de una forma amplia, como morfológica o composicional. El primer término incluye la valoración semicuantitativa y cuantitativa, mientras que el segundo implica nuevas técnicas de imagen que incluyen el dGEMRIC, el mapeo en T2, la T1 rho o imágenes de sodio y de difusión

Evaluación semicuantitativa por resonancia magnética

La evaluación semicuantitativa, por RM, del proceso de OA es un método excelente para la evaluación inicial y para el seguimiento de las múltiples estructuras involucradas utilizando técnicas y secuencias convencionales de RM. Estos sistemas evalúan de forma semicuantitativa una serie de estructuras consideradas relevantes para la integridad funcional de la rodilla potencialmente implicadas en la fisiopatología de la degeneración articular. Se han publicado múltiples escalas semicuantitativas, incluyendo las más utilizadas, la Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) y la Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score (BLOKS), y más recientemente la MRI Arthrosis Knee Score (MOAKS). Estas escalas surgieron por la necesidad de evaluar múltiples estructuras involucradas en el proceso de degeneración articular mediante RM. La mayoría de ellas incluyen la evaluación en diferentes regiones de la rodilla del cartílago articular, la médula ósea subcondral, el tejido sinovial, los quistes subcondrales, el derrame articular, los osteófitos y, también, los meniscos y ligamentos.

La escala WORMS fue de las primeras en surgir; sin embargo, presenta dificultades para caracterizar las lesiones del cartílago articular en pacientes durante los estadios iniciales. Fruto de estas limitaciones surgió la escala BLOKS.

Tanto la escala WORMS como la BLOKS presentan limitaciones, pues en las escalas de valoración semicuantitativa por RM el investigador tendría que elegir entre diferentes medidas de las dos escalas. Por ejemplo, el método de evaluación del menisco con la escala WORMS mezcla muchos conceptos, mientras que para valorar las lesiones de la médula ósea la escala BLOKS resulta incómoda, compleja y en ocasiones redundante.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

La valoración semicuantitativa por RM continúa proporcionando pistas importantes sobre la etiopatogenia de la degeneración articular, así como las relaciones entre la función y su estructura. En un intento de hacer evolucionar estas escalas semicuantitativas, y en base a sus limitaciones, integrando la opinión de expertos y teniendo en cuenta todos los instrumentos de medición y los resultados publicados, se desarrolló la MOAKS, que se caracteriza por un mayor refinamiento en la valoración de las lesiones de la médula ósea subcondral, delimitando por regiones y puntuando todas las regiones del cartílago articular con una evaluación subregional y, también, los elementos de la morfología meniscal. Además, omite áreas redundantes como el segundo método de puntuación del cartílago de la escala BLOKS y evalúa el cartílago en regiones definidas por una sola imagen. Igualmente, la escala MOAKS ha sido validada para su aplicación en la evaluación del cartílago articular femorotibial en la rodilla de la oveja, lo cual permite su aplicación en estudios de degeneración articular en animales.

El desarrollo de estas escalas y su aplicación nos han permitido avanzar de forma sustancial en el conocimiento del proceso degenerativo articular, especialmente en sus fases iniciales. Como consecuencia de ello, las lesiones de la médula ósea subcondral han cobrado especial atención en la etiopatogenia de la enfermedad y son varios los estudios que cuestionan la secuencia de aparición de fenómenos degenerativos.

Para poder realizar una evaluación óptima por RM de las estructuras involucradas en el proceso de OA es imprescindible utilizar las secuencias adecuadas. Para la evaluación semicuantitativa del cartílago articular y la médula ósea subcondral las secuencias indicadas son la Short-Tau Inversion Recovery (STIR) o, alternativamente, una secuencia sensible al líquido (potenciada en T2, o densidad protónica) con tiempo de eco corto y saturación grasa. Es conveniente que los evaluadores de las imágenes tengan una formación suficiente que les permita diferenciar entre verdaderos cambios de señal de estructuras patológicas y artefactos que parezcan cambios de señal anómalos. Aunque la RM puede ser una herramienta potente, si no se utiliza correctamente puede generar datos inválidos o erróneos.

Evaluación cuantitativa por resonancia magnética

La medición cuantitativa de la articulación aprovecha la naturaleza tridimensional de los datos de RM para evaluar las dimensiones o señal del tejido (volumen, grosor u otros) como variables continuas. Estas imágenes de alta resolución por RM se han utilizado para cuantificar el volumen y el grosor del

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

cartílago articular en el proceso degenerativo articular. Las ventajas de este método residen en que es menos dependiente del observador, es más objetivo y puede detectar cambios relativamente pequeños en la morfología del cartílago a lo largo del tiempo que ocurren en áreas más grandes, aunque no sean evidentes a simple vista. Los métodos cuantitativos tienen mayor capacidad que los semicuantitativos para detectar cambios en el cartílago articular en presencia de factores de riesgo de degeneración articular, como son la lesión meniscal y la desalineación de las extremidades o la sobrecarga. A su vez, las desventajas de los métodos cuantitativos son que requieren un programa de análisis especial y mayor tiempo de cálculo, ya que los límites de los tejidos son segmentados a través de cortes seriados por personal especializado.

Además, las mediciones cuantitativas son menos sensibles a los cambios focales pequeños dentro de estructuras grandes, los cuales son más fácilmente detectables por lectores expertos. Por tanto, ambos métodos, el semicuantitativo, más dependiente del observador, y el cuantitativo, dependiente de un programa informático especial, tienen sus ventajas y sus inconvenientes, pero pueden ser complementarios e idealmente deberían ser usados en combinación.

Las secuencias que mejor delimitan el cartílago articular del resto de estructuras circundantes, tales como Spoiled Gradient Echo (SPGR) con saturación grasa o secuencias con fast Double Echo Steady State (DESS) con excitación del líquido, se utilizan para la segmentación, aunque no se ha establecido una técnica automática completa para la segmentación del cartílago debido al bajo contraste existente entre el cartílago y los tejidos circundantes. El cartílago es segmentado, corte por corte, empleando una técnica semiautomática: región de crecimiento, detección de borde o moldeado de forma. El volumen del cartílago es calculado mediante la suma de píxeles en las regiones segmentadas, mientras que el grosor del cartílago se determina utilizando otros métodos, como la transformación de distancia euclidiana o calculando un vector perpendicular a la superficie articular u ósea.

Los mapas de espesor del cartílago articular que ilustran las variaciones regionales en el grosor del cartílago son útiles para visualizar las diferencias focales en el grosor del cartílago. La reproducibilidad inter e intraobservador de estas técnicas oscila aproximadamente entre el 1 y el 9%. Por tanto, la medición del volumen de cartílago articular utilizando métodos de medición cuantitativa por RM proporciona una referencia cuantitativa longitudinal para la evaluación de la pérdida de cartílago durante el proceso degenerativo articular y establece vínculos con otras estructuras implicadas en este proceso.

Evaluación composicional por resonancia magnética

La RM de composición permite la visualización del cartílago articular mediante la detección y el análisis de las propiedades bioquímicas del mismo. Por tanto, permite medir de manera específica y no invasiva la composición del cartílago, obteniendo una aproximación a su fisiología y ultraestructura, y puede ser sensible a los cambios pre-morfológicos tempranos no detectables mediante RM convencional. La imagen de composición del cartílago articular se puede realizar mediante el uso de técnicas avanzadas que incluyen imágenes de RM de realce tardío con gadolinio (dGEMRIC) y mapeo rho en T2 y T1. Dos de estas técnicas, dGEMRIC y t1RHO, se basan en la concentración de glucosaminoglucanos (GAG). Mediante el dGEMRIC y la T1 se generan mapas del cartílago articular tras la administración intravenosa de un medio de contraste basado en gadolinio aniónico. Dado que el cartílago está compuesto mayoritariamente por moléculas de GAG cargadas negativamente, estas repelen los iones cargados negativamente. Por ello, las concentraciones de gadolinio son mayores en las regiones condrales con menor concentración de GAG, reduciéndose el tiempo de relajación T1. Estas técnicas permiten evaluar zonas focales en los estadios precoces. Por el contrario, los tiempos de relajación en T2 se ven afectados por una combinación compleja que incluye la orientación del colágeno y la hidratación del mismo.

La técnica de composición del cartílago articular por RM no se utiliza de rutina en la práctica clínica habitual y es todavía considerada una herramienta en fase de investigación disponible únicamente en instituciones académicas. No obstante, se ha utilizado en ensayos clínicos y estudios observacionales con resultados alentadores.

Direcciones futuras

La OsteoArthritis Initiative (OAI) es un estudio reciente, patrocinado por instituciones públicas, como el Instituto Nacional de Salud (NIH), el Instituto Nacional de Artrosis, Enfermedades Musculoesqueléticas y Piel, y la industria farmacéutica, con casi 5.000 participantes: 1.500 con OA sintomática y radiológica y 3.500 con factores de riesgo, controlados por un periodo de 4 años, utilizando RM-3T (aproximadamente). Estos resultados y los provenientes de otros estudios epidemiológicos permitirán avanzar en el conocimiento y la comprensión de los factores de riesgo involucrados en la pérdida cuantitativa del cartílago y en los cambios óseos asociados. Lo que es más importante, permitirá determinar qué biomarcadores de imagen predicen mejor los resultados

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

clínicos, de modo que estos puedan ser utilizados como medida sustantiva de la progresión de la enfermedad en ensayos de intervención terapéutica.

Los sistemas semicuantitativos presentan altos índices de fiabilidad intra e interobservador, y el hecho de que puedan aplicarse a las secuencias de RM actualmente utilizadas en la clínica hace que tengan una alta aplicabilidad tanto clínica como investigadora. Los sistemas cuantitativos presentan un gran potencial para la detección de lesiones iniciales del cartílago articular, sin embargo, son más costosos y lentos y requieren una cantidad importante de tiempo y de personal para su realización. Los sistemas composicionales presentan un futuro prometedor al ser capaces de detectar lesiones pre-morfológicas relacionadas con los cambios bioquímicos iniciales en el proceso degenerativo articular. Sin olvidar la introducción de biomarcadores para analizar el líquido sinovial, que también puede ser una alternativa sencilla para valorar las alteraciones iniciales de la OA al entender el fluido intraarticular como un elemento de nutrición, pero también de desecho y de eliminación de los elementos lúcticos de las estructuras articulares.

Evaluación radiográfica en sitios específicos

Rodilla

Articulación femorotibial (AFT). Las rodillas son el área anatómica más estudiada en la OA, por su frecuente afección, su accesibilidad y la posibilidad de detectar cambios precoces. La medición del EA puede modificarse por la posición de las rodillas o la técnica de adquisición de las imágenes. Cabe destacar que la DEA, la esclerosis y los quistes subcondrales en la AFT rara vez ocurren en ausencia de OF; además, la esclerosis subcondral y los quistes subcondrales son poco sensibles para efectuar el diagnóstico de OA. El método de Kellgren y Lawrence (K-L) es el más empleado para estadificar el daño anatómico articular en la OA; sin embargo, da gran valor a los OF.

Hay controversia acerca de la técnica radiográfica más adecuada para evaluar el EA en las rodillas. Con este propósito, el grupo de estudio de OARSI-OMERACT (Osteoarthritis Research Society International-Outcome Measures in Rheumatology Clinical Trials) revisó recientemente diversas técnicas empleadas en la evaluación radiográfica de la OA de rodillas. La adecuada alineación de los márgenes anterior y posterior del platillo tibial medial, así como el control del grado de rotación, permite una mejor evaluación del EA. Este grupo de estudio determinó que la radiografía anteroposterior (AP) con semiflexión (guiada por fluoroscopia) permite una mejor alineación que las técnicas no guiadas como la posteroanterior (PA) con semiflexión fija (proyección de Schuss-Tunel)

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

o la PA con alineación de la primera articulación metatarsofalángica (PA-MTF) con la placa radiográfica ($p < 0,0001$). En ausencia de fluoroscopia, la proyección de Schuss-Tunel ha demostrado ser superior a la AP en la evaluación de la DEA reduciendo las variaciones en el ángulo femorotibial. Por otra parte, Cliney et al no encontraron diferencias entre las proyecciones AP con semiflexión guiada por fluoroscopia, Schuss-Tunel y PA MTP en la evaluación de la progresión radiográfica.

Articulación patelo-femoral (APF).

Puede ser evaluada radiográficamente con las proyecciones lateral o axial. Esta última es más precisa para detectar cambios en las facetas medial y lateral de la articulación y se obtiene con el paciente de pie y la rodilla flexionada a diferentes grados. Se ha diseñado diversas posiciones para la adecuada valoración de este compartimento.

Kijowski et al determinaron que la DEA en la APF es un hallazgo de OA más específico que los OF marginales, con especificidad del 90 y el 67% respectivamente. Algunos autores proponen que las proyecciones axiales de rodillas permiten evaluar adecuadamente los OF marginales en la APF, con lo que mejora la detección de OA. Se ha comunicado que las radiografías axiales (a 45°) tienen una sensibilidad del 79% y especificidad del 80%, mientras que las laterales las tienen del 82 y el 65% respectivamente. Con lo anterior y dada la frecuente variación en la adquisición de las radiografías axiales, Bhattacharya et al señalan que esta proyección no confiere ventajas adicionales en comparación con la lateral en la detección de OA en la APF.

Los pacientes con OF marginales en la APF tienen menos degeneración del cartílago articular que los pacientes con DEA y esclerosis subcondral. Las diferencias entre la gravedad del daño en pacientes con esclerosis subcondral, OF marginales y DEA fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Coxofemorales

El EA coxofemoral se evalúa de forma más fiable con el paciente en bipedestación y los pies con rotación interna de 15° - 20° . La distorsión de la imagen se minimiza cuando el rayo se centra en cada articulación. Las proyecciones laterales-oblicuas ayudan a detectar OA en la cara articular posterior (segmento no visible en la proyección AP). La pérdida no uniforme del cartílago articular conlleva patrones de migración clásicos de la cabeza femoral con respecto al acetábulo. La migración superior es la más común en pacientes con OA (78%), seguida de la media (22%); la migración axial es rara en la OA primaria². Se ha publicado que una puntuación de K-L \$ 1 en las coxofemorales es un fuerte predictor de progresión radiográfica, particularmente en varones con coxartralgia

Manos y carpos

Las articulaciones de las manos más afectadas son las interfalángicas distales (IFD) e interfalángicas proximales; en el carpo, la trapeziometacarpiana y, con menor frecuencia, la trapezioescafoidea. La mayor incidencia de OA de la mano ocurre en la segunda articulación IFD. Los OF tienden a predominar en las caras palmar y dorsal, por lo que se puede evaluarlos de forma más adecuada en las radiografías oblicuas. Las erosiones centrales, principalmente en las articulaciones interfalángicas, distinguen a la OA erosiva. Las principales características radiográficas en manos y carpos

Imágenes por resonancia magnética

Las imágenes por resonancia magnética (IRM) son un método multiplanar, no invasivo, que ha demostrado su utilidad en la evaluación de pacientes con OA. Permite visualizar los OF, sobre todo en localizaciones que no se puede observar fácilmente mediante radiografía convencional; es altamente sensible para evaluar edema óseo; tiene la capacidad de detectar y cuantificar derrames sinoviales y sinovitis, evaluar los defectos cartilagosos por su amplitud y profundidad; analizar el contenido de agua, proteoglicanos, colágeno y sodio; apreciar quistes subcondrales y sinoviales y visualizar otras estructuras adyacentes como meniscos, ligamentos, bursas, tendones y músculos.

Cartílago

Mediante IRM se puede evaluar el grosor y los defectos focales y difusos en el cartílago articular. En las secuencias T1 con supresión de grasa (SG), el cartílago articular se observa hiperintenso, mientras que los defectos cartilagosos producen focos o áreas hipointensas. En secuencias T2 SE con o sin SG, el cartílago articular es hipointenso y las lesiones cartilagosas, hiperintensas con respecto al tejido normal. Cicuttini et al comunicaron que la tasa de pérdida de cartílago en 2 años es un predictor de artroplastia de rodilla (perdedores rápidos), independientemente del dolor o el grado radiográfico de OA. En las rodillas, la IRM demostró que un EA < 3 mm tiene una alta especificidad (96%) en la detección de defectos cartilagosos. En la APF se ha señalado que los defectos cartilagosos son más frecuentes en la patela (predominio medial) que, en la tróclea femoral, mientras que a nivel coxofemoral predominan en la porción anterosuperior del acetábulo.

Hueso

La APF está más frecuentemente afectada que la AFT. Llama la atención que algunas rodillas con grado II de la clasificación de K-L se clasificaron como sensible para detectar pequeños OF que algunas secuencias de IRM, principalmente con SG.

Edema en médula ósea

El edema de la médula ósea (EMO) área irregular hipointensa en secuencias T1 e hiperintensa en T2 en secuencias con SG se considera un fuerte predictor de progresión de OA. El EMO se ha correlacionado con roturas de meniscos ($p = 0,001$), mientras que su asociación con dolor en pacientes con OA de rodilla es contradictoria. Los OF, los quistes subcondrales, la esclerosis, el derrame sinovial y la sinovitis tienen estrecha relación con un incremento en el grado de K-L ($p < 0,001$) y EMO ($p < 0,001$), y hay correlación entre EMO > 1 cm de diámetro y el grado de K-L ($p = 0,005$). La prevalencia, la profundidad y la extensión del EMO se asocian con el tamaño de los defectos cartilagosos.

Sinovitis

En algunos pacientes con OA, se ha identificado sinovitis, cuya etiología no queda clara; sin embargo, factores mecánicos como los OF, fragmentos cartilagosos y mediadores proinflamatorios pueden producirla; además se ha señalado que hay relación entre dolor y engrosamiento sinovial/derrame detectados por IRM.

Meniscos

Están bien reconocidos la degeneración y el daño de los meniscos en la gonartrosis; incluso se ha relacionado la extensión de la extrusión o subluxación de los meniscos con la gravedad de la OA. Se puede evaluar fácilmente la sinovitis alrededor de los meniscos mediante IRM, aunque está por esclarecerse su importancia en la detección y la progresión de la enfermedad.

Quistes subcondrales

En secuencias T2, los quistes en el hueso subcondral se identifican como áreas de hiperintensidad bien delimitada, con bordes redondeados y sin trabéculas en su interior.

Ligamentos

Se ha documentado que hay edema en los ligamentos que rodean una articulación con OA. En el caso de las rodillas, Bergin et al publicaron que el edema en el ligamento colateral medial (LCM) es común en ausencia de lesiones traumáticas agudas, lo que sugiere que el edema es secundario a fricción y estrés biomecánico causados por los OF adyacentes. Se ha encontrado asociación significativa entre la alineación de la patela evaluada por IRM y las manifestaciones radiográficas de OA (OF y DEA).

Sistemas de evaluación por resonancia magnética

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

Se han publicado sistemas de evaluación semicuantitativa para OA de rodillas como la puntuación Whole-Organ MRI Score (WORMS) y el Knee Osteoarthritis Scoring System (KOSS).

El método WORMS analiza la integridad del cartílago articular, anomalías en la médula ósea subarticular, quistes y hundimiento óseo subarticulares, OF marginales, integridad de los meniscos (lateral y medial), los ligamentos cruzados (anterior y posterior) y los ligamentos colaterales (medial y lateral), sinovitis/derrame, fragmentos óseos intraarticulares y quistes periarticulares/bursitis. La puntuación máxima es 332, con alta correlación entre evaluadores entrenados. La pérdida cartilaginosa y los OF fueron los hallazgos más frecuentes (el 98% y el 92%, respectivamente).

El método del KOSS evalúa la presencia de lesiones cartilaginosas, OF, quistes subcondrales, edema óseo y anomalías en los meniscos y los califica mediante una escala semicuantitativa que refleja la gravedad de las alteraciones. La principal desventaja es el tiempo requerido para su aplicación, con la ventaja de una buena a muy buena reproducibilidad interobservadores e intraobservador.

Ambos métodos han demostrado ser adecuados para la evaluación de sinovitis en OA.

El desarrollo de tecnología más sofisticada para reparar el cartílago articular en la OA (p. ej., trasplante de condrocitos, trasplante osteocondral, agentes condroprotectores y factores estimuladores del crecimiento de cartílago) ha llevado a optimizar las técnicas de IRM para un diagnóstico más preciso y la óptima planificación del tratamiento de la OA, así como para supervisar el efecto de estas intervenciones. Recientemente se propuso una nomenclatura basada en mediciones del cartílago articular en OA mediante IRM, con el objetivo de establecer la terminología para comunicar los hallazgos.

Frecuentemente, los defectos cartilaginosos son focales, por lo que se requieren técnicas más sensibles para detectar cambios sutiles en su volumen. Recientemente se han desarrollado métodos de evaluación tridimensionales con los que se pretende reconstruir y valorar con mayor exactitud la extensión, el grosor y la forma del cartílago articular. Se ha publicado que la medición del volumen del cartílago es útil para monitorizar la progresión de la enfermedad. Brem et al encontraron una excelente reproducibilidad (in vivo) de este método para evaluar el cartílago articular de las rodillas. La imagen articular funcional es una técnica nueva que permite evaluar en tres dimensiones la distribución de las fuerzas biomecánicas aplicadas al cartílago articular, además de determinar la posición de las áreas de cartílago dañado y su relación con el mecanismo de daño. En un futuro estos

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

métodos tendrán gran importancia en la detección temprana, la evaluación de la respuesta al tratamiento farmacológico y la caracterización del mecanismo de daño.

Ultrasonografía

El ultrasonido (US) brinda adecuada información del estado de las estructuras articulares y periarticulares involucradas en el proceso degenerativo. Esta técnica ha demostrado precisión y fiabilidad para la detección de derrame sinovial y quiste de Baker, así como una mayor sensibilidad que el examen clínico articular en la detección de estos hallazgos patológicos. Los tendones, los ligamentos, las bursas y la porción periférica de los meniscos son algunas de las estructuras anatómicas evaluadas por esta técnica. Más aún, el US ofrece información rápida, segura y confiable, aunque aún imperfecta, acerca del estado del cartílago articular.

Diversas anomalías patológicas pueden ser evaluadas sonográficamente en los pacientes con OA: cambios cartilagosos, derrame sinovial, proliferación sinovial y osteofitosis.

Cartílago articular

Cambios tempranos: uno de los hallazgos más tempranos es la pérdida de la nitidez del borde externo del cartílago hialino. Aquí el US puede revelar la presencia de fibrilación y hendiduras en el cartílago. Un incremento en el grosor del cartílago ha sido descrito como un hallazgo sonográfico temprano de la OA y éste se ha relacionado con edema.

Cambios avanzados: en los pacientes con OA avanzada se observa un adelgazamiento de la capa cartilaginosa, que puede ser focal o generalizado. La medición sonográfica del grosor del cartílago en el cóndilo femoral puede ser de ayuda en el diagnóstico y el seguimiento de los pacientes, pero no siempre se obtiene una medida precisa del grosor cartilaginoso, ya sea por incapacidad para la flexión de la articulación o por pérdida de nitidez en la interfaz sinovial-cartílago. Una pérdida completa del cartílago se presenta en la OA avanzada y se asocia con irregularidades del borde óseo.

Derrame sinovial

Un hallazgo sonográfico habitual en la OA es el derrame sinovial subclínico. El líquido sinovial es habitualmente anecoico, pero un líquido no homogéneo puede deberse a una serie de factores, como la presencia de material proteináceo, microcristales, fragmentos óseos y cartilagosos. Se considera derrame sinovial la presencia de un material intraarticular anormal, hipoecoico o anecoico, que es desplazable y compresible pero no devuelve señal Doppler. En el caso de la rodilla, se produce un incremento en la distancia entre el borde anterior y el posterior (> 4 mm) a nivel del receso

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

suprapatelar. Con este método de imagen es también factible documentar quistes sinoviales asociados, por ejemplo, el quiste de Baker o los quistes mucoides de las IFD.

Conclusión

La osteoartritis (OA), el tipo más frecuente de enfermedad articular que afecta a seres humanos y animales, es un grupo heterogéneo de trastornos que provocan cambios histopatológicos y radiográficos característicos. Es un trastorno degenerativo consecuencia de la degradación bioquímica del cartílago articular en las articulaciones sinoviales. Los sinónimos habituales de osteoartritis son osteoartrosis y enfermedad articular degenerativa. Si bien el término 'osteoartritis' se utiliza a menudo, sería más apropiado utilizar 'osteoartrosis', ya que los cambios degenerativos son el factor predominante que contribuye a la discapacidad. Se desconoce la etiología de la osteoartritis. Existen múltiples factores (genéticos, traumatismos y obesidad) que interactúan y dan lugar a este trastorno.

Cualquier suceso que altere el entorno del condrocito puede provocar osteoartritis. Aunque suele aparecer como un trastorno primario, la osteoartritis puede ser secundaria a otros procesos. El diagnóstico es básicamente clínico, porque los hallazgos radiográficos no siempre se correlacionan con los síntomas. En las personas, la genética juega un papel importante 'en la aparición de la OA; algunas personas pueden nacer con cartílagos anormales o con ligeros defectos en la congruencia articular. A medida que la persona envejece, estos defectos pueden provocar la degradación precoz del cartílago. Durante este proceso se produce inflamación con la liberación de enzimas y posterior lesión del cartílago. Las estructuras articulares implicadas en la morfogénesis de la OA son el cartílago, el hueso subcondral y la membrana sinovial.

El diagnóstico por imagen es esencial para clasificar la gravedad de la osteoartritis y evaluar la eficacia del tratamiento. La técnica ideal de diagnóstico por imagen debe detectar cambios en el cartílago articular, donde se inicia el proceso patológico. Las radiografías simples son el medio más sencillo y fácilmente disponible para evaluar la articulación, y la aparición de radiografías microfocales, que aumentan la radiografía, permiten una evaluación más exacta de la articulación. No obstante, la radiografía, la resonancia nuclear, la artrografía y la tomografía computarizada son técnicas limitadas porque no permiten detectar alteraciones precoces del cartílago. La resonancia magnética tiene la ventaja de ofrecer imágenes multiplanares, un mejor contraste entre tejidos y ser

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

no invasiva. Al igual que la radiografía, la RM puede subestimar el grado de alteración del cartílago. La técnica más sensible para determinar las alteraciones de la superficie articular es la artroscopia, pero es una técnica invasiva. Para detectar lesiones precoces y monitorizar su evolución es necesaria una mayor resolución. Son necesarios más estudios en el campo de la alta resolución y en la imagen volumétrica de la RM del cartílago articular y la UBM también tiene un potencial prometedor.

Referencias

1. Cartilage lesions in the hip: diagnostic effectiveness of MR arthrography. *Radiology*. 2003; 226:382-6.
2. Osteoarthritis: MR imaging findings in different stages of disease and correlation with clinical findings. *Radiology*. 2003; 226:373-81.
3. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: prevalence of inflammation in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2005; 64:1703-9.
4. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol*. 2000; 27:1513-7.
5. Assessment of the radioanatomic positioning of the osteoarthritic knee in serial radiographs: comparison of three acquisition techniques. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14: A37-43.
6. Assessment of the radioanatomic positioning of the osteoarthritic knee in serial radiographs: comparison of three acquisition techniques. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14: A37-43.
7. Atraumatic medial collateral ligament oedema in medial compartment knee osteoarthritis. *Skeletal Radiol*. 2002; 31:14-8.
8. Clinical and ultrasonographic findings related to knee pain in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006; 14:540-4.
9. Comparison between clinical evaluation and ultrasonography in detecting hydrarthrosis of the knee. *J Rheumatol*. 1999; 26:2681-3.
10. Comparison of fixed flexion, fluoroscopic semi-flexed and MTP radiographic methods for obtaining the knee in longitudinal osteoarthritis trials. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006; 14:32-6.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

11. Comparison of fixed flexion, fluoroscopic semi-flexed and MTP radiographic methods for obtaining the minimum medial joint space width of the knee in longitudinal osteoarthritis trials. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14: A32-6.
12. Correlation between radiographic findings of osteoarthritis and arthroscopic findings of articular cartilage degeneration within the patellofemoral joint. *Skeletal Radiol*. 2006; 35:895-902.
13. Correlation between radiographically diagnosed osteophytes and magnetic resonance detected cartilage defects in the tibiofemoral joint. *Ann Rheum Dis*. 1998; 57:401-7.
14. Defining radiographic osteoarthritis for the whole knee. *Osteoarthritis Cartilage*. 1997; 5:241-50.
15. Degenerative disease of extraspinal locations. En: Resnick D, editor. *Diagnosis of bone and joint disorders*, 3.a ed. Philadelphia: WB Saunders; 1995. p. 1263-371.
16. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: Prevalence of inflammation in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2005; 64:1703-9.
17. Femoral neck buttressing: a radiographic and histologic analysis. *Skeletal Radiol*. 2000; 29:587-92.
18. Joint space width in the axial view of the patello-femoral joint: definitions and comparisons with MR imaging. *Acta Radiol*. 1998; 39:24-31.
19. Knee effusion, popliteal cysts and synovial thickening: association with knee pain in osteoarthritis. *J Rheumatol*. 2001; 28:1330-7.
20. Knee joint space width measurement; an experimental study in the influence of radiographi procedure and joint positoning. *Br J Rheumatol*. 1996; 35:761-6.
21. Logitudinal in vivo reproducibility of cartilage volume and surface in osteoarthritis of the knee. *Skeletal Radiol*. 2007; 36:315-20.
22. Magnetic resonance imaging and ultrasonographic evaluation of the patients with knee osteoarthritis: a comparative study. *Clin Rheumatol*. 2003; 22:181-8.
23. Magnetic resonance imaging of osteoarthritis. *Med Health Rhode Island*. 2004; 87:172-5.
24. Meniscal subluxation: association with osteoarthritis and joint space narrowing. *Osteoarthritis Cartilage*. 1999; 7:526-32.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

25. Methods for evaluating the progression of osteoarthritis. *J Rehabil Res Develop.* 2000; 37:163-70.
26. MRI assessment of knee osteoarthritis: Knee Osteoarthritis Scoring System (KOSS) inter-observer and intra-observer reproducibility of a compartment based scoring system. *Skeletal Radiol.* 2005; 34:95-102.
27. Osteoarthritis of the knee: association between clinical features and MR imaging findings. *Rheumatology.* 2006;239:811-7.
28. Osteoarthritis of the knee: comparison of MR imaging findings with radiographic severity measurements and pain in middle-aged women. *Radiology.* 2005; 237:998-1007.
29. Painful knee in rheumatology: role of ultrasound examination]. *Rev Esp Reumatol.* 1996; 23:252-7.
30. Posterior-anterior weight-bearing radiograph in 15?? knee flexion in medial osteoarthritis. *Skeletal Radiol.* 2003; 32:28-34.
31. Proposal for a nomenclature for magnetic resonance imaging based measures of articular cartilage in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006; 14:974-83.
32. Quantifying perimeniscal synovitis and its relationship to meniscal pathology in osteoarthritis of the knee. *Eur Radiol.* 2007; 17:119-24.
33. Radiographic evaluation of osteoarthritis. *Radiol Clin North Am.* 2004; 42:11-41.
34. Radiographic findings of osteoarthritis versus arthroscopic findings of articular cartilage degeneration in the tibiofemoral joint. *Radiology.* 2006; 239:818-24.
35. Radiographic methods in knee osteoarthritis: a further comparison of semiflexed (MTP), Schuss-tunnel and weight-bearing anteroposterior views for joint space narrowing and osteophytes. *J Rheumatol.* 2002; 29:2597-601.
36. Radiography in osteoarthritis of the knee. *Skeletal Radiol.* 1999; 28:605-15.
37. Rate of cartilage loss at two years predicts subsequent total knee arthroplasty: a prospective study. *Ann Rheum Dis.* 2004; 63:1124-7.
38. Reliability of grading scales for individual radiographic features of osteoarthritis of the knee. The Baltimore longitudinal study of aging atlas of knee osteoarthritis. *Invest Radiol.* 1993; 28:497-501.

Evaluación de técnicas de imagen de la osteoartritis en el desarrollo de métodos más sensibles

39. Role of radiography in predicting progression of osteoarthritis of the hip: prospective cohort study. *BMJ* 2005; 330:1183-7.
40. Sonographic imaging of normal and osteoarthritic cartilage. *Semin Arthritis Rheum.* 1999; 28:398-403.
41. Sonography of large synovial joint. En: *Musculoskeletal ultrasound.* St. Louis: Mosby; 2001. p. 251-66.
42. Subchondral bone marrow edema in patients with degeneration of the articular cartilage of the knee joint. *Radiology.* 2006; 238:943-9.
43. The association between patella alignment on MRI and radiographic manifestations of knee osteoarthritis. *Arthritis Res Ther.* 2007;9: R26.
44. The human first carpometacarpal joint: osteoarthritic degeneration and 3-dimensional modeling. *J Hand Ther.* 2004; 17:393-400.
45. The knee skyline radiograph: its usefulness in the diagnosis of patello-femoral osteoarthritis. *Int Orthop.* 2006; 31:247-52.
46. The validation of simple scoring methods for evaluating compartment-specific synovitis detected by MRI in knee osteoarthritis. *Rheumatology.* 2005; 44:1569-73.
47. Therapeutic targets in osteoarthritis: from today to tomorrow with new imaging technology. *Ann Rheum Dis.* 2003;62 Suppl II: ii79-82.
48. Ultrasonographic findings in knee osteoarthritis: A comparative study with clinical and radiographic assessment. *Osteoarthritis Cartilage.* 2005; 13:568-74.
49. Ultrasonography in osteoarthritis. *Semin Arthritis Rheum.* 2004;34 Suppl 2:19-23.
50. Ultrasonography is superior to clinical examination in the detection and localization of knee joint effusion in rheumatoid arthritis. *J Rheumatol.* 2003; 30:966-71.
51. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2004; 12:177-90.
52. Workshop for consensus on osteoarthritis imaging: MRI of the knee. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006; 14:44-5.